

nota

GWWS-87.407

Een analyse van de stormvloed-
standen bij Antwerpen (Prosper-
polder), opgetreden in de
periode 1971-1986.



nota

GWWS-87.407

Een analyse van de stormvloed-
standen bij Antwerpen (Prosper-
polder), opgetreden in de
periode 1971-1986.

auteur(s): P. Bollebakker, H. de Jong, Sj. v.d. Kamer

datum: november 1987

samenvatting: Aan de hand van modelonderzoek (Randdelta II-model) is vastgesteld dat de Stormvloedkering Oosterschelde geen rol van betekenis speelt voor de hoogwaterstanden op de Westerschelde. Daarnaast is door middel van een statistisch model een relatie vast gesteld tussen opgetreden extreme hoogwaterstanden bij Prosperpolder en diverse getijkarakteristieken bij Vlissingen.

tvdp/8

REF. NR. 6722	DATUM 1-3-1988
SIGN. C5930	STATUS FL 0,00
Bijz. Min. v.d. Waterstaat Koninkrijk 4 2596 AA 's-Gravenhage	

INHOUDSOPGAVE	pag.
SAMENVATTING	1
1. INLEIDING	2
2. BEREKENINGEN MET HET RANDDELTA - II MODEL	4
2.1. Inleiding	4
2.2. Uitgevoerde berekeningen	4
2.3. Resultaten	5
2.4. Conclusies	6
3. STATISTISCHE BENADERING	8
3.1. Probleemanalse	8
3.2. Het gebruikte databestand	10
3.3. Het statistisch model	11
3.4. Invloed van de verdieping Westerschelde	14
3.5. Typering van de stormvloed d.d. 20 oktober 1986	14
3.6. Invloed van de verdieping op de onafhankelijke variabelen: hoogwater, laagwater en rijssnelheid te Vlissingen	15
3.7. Nadere beschouwing van de berekeningresultaten	16
4. CONCLUSIES	17
LITERATUUR	
TABELLEN	
BIJLAGEN	

SAMENVATTING

Deze nota bevat een analyse van de stormvloedstanden¹⁾, die in de periode 1971-1986 zijn opgetreden bij het getijstation Antwerpen (Prosperpolder).

Aan de hand van modelonderzoek (Randdelta II model) is vastgesteld, dat het sluiten van de Stormvloedkering Oosterschelde geen rol van betekenis speelt voor de hoogte van de stormvloedstanden op de Westerschelde.

Uit statistisch onderzoek blijkt, dat er een goede relatie bestaat tussen de optredende stormvloedstand te Prosperpolder en de hieraan voorafgaande hoogwaterstand en rijssnelheid²⁾ van het getijstation Vlissingen, en de windsnelheid en windrichting die gemeten wordt in de periode welke ligt tussen de tijdstippen van hoogwater te Vlissingen en hoogwater te Prosperpolder tijdens de bewuste stormvloed.

Eén en ander betekent, dat de combinatie, voorafgaande hoogwaterstand en rijssnelheid van Vlissingen en de daaropvolgende windsnelheid en windrichting, bepalend kan worden geacht voor de optredende stormvloedstand te Prosperpolder.

De relatie welke tussen de genoemde variabelen is vastgesteld verklaart 94 % van de variantie in de waterstand bij Prosperpolder. De standaarddeviatie van de modelberekeningen bedraagt 7.4 cm.

Door het gepresenteerde model wordt de stormvloedstand van 20 okt. 1986, die in het Belgische Kruibeke problemen veroorzaakte, afdoende verklaard.

1) In overeenstemming met lit. 1, wordt in deze nota een getij als stormvloed aangemerkt, als het hoogwater bij het getijstation Antwerpen (loodsgebouw) het peil van TAW +6,40 m (= N.A.P. +4,07 m) bereikt of overschrijdt.

2) De rijssnelheid is het quotiënt van de hoogte van de rijzing (Δh) en de duur van de rijzing (Δt).

In plaats van deze variabele kan ook de laagwaterstand (te Vlissingen) worden genomen.

1. INLEIDING

In het "Eerste verslag van de buitengewone stormvloed van 20 okt. 1986" (lit. 2), van de Antwerpse Zeediensten, wordt melding gemaakt van het feit dat te Antwerpen een sterk verhoogde hoogwaterstand (T.A.W. +7,20 m) werd gemeten, die bovendien een groot peilverschil met de hoogwaterstand te Vlissingen vertoonde (1,44 m). Blijkens genoemd verslag kwamen in het verleden reeds eerder stormvloeden met dergelijke grote peilverschillen t.o.v. Vlissingen voor. Kennelijk doet zich dus onder bepaalde omstandigheden de situatie voor, dat op de Schelde (Prosperpolder) stormvloedstanden worden gemeten die de indruk wekken extra verhoogd te zijn. Dit bleek met name uit het feit dat te Kruibeke tijdens de bewuste storm vrij ernstige problemen ontstonden.

Om een beter inzicht te verkrijgen in deze problematiek en met het oog op de suggestie, dat door het sluiten van de Stormvloedkering Oosterschelde, er sprake kan zijn van extra verhoging bij Antwerpen, is nadere studie verricht. Hierbij is allereerst met behulp van het tweedimensionale model Randdelta II, nagegaan in hoeverre het sluiten van de Stormvloedkering Oosterschelde invloed heeft op de waterstanden op de Westerschelde.

Een verslag van deze berekeningen wordt gegeven in hoofdstuk 2.

Gelet op het feit dat uit de modelberekeningen bleek dat de invloed van het sluiten van de Stormvloedkering Oosterschelde op de waterstand bij Vlissingen marginaal is, is afgezien van verdere doorvertaling van dit effect, met behulp van het IMPLIC- resp. WAQUA-model Westerschelde, naar Prosperpolder. Wel is door middel van een statistische analyse getracht een betrekking te vinden tussen de opgetreden stormvloedstanden te Prosperpolder en diverse fysische karakteristieken, te weten: de voorafgaande laag- en hoogwaterstand te Vlissingen, de rijsnelheid en de windsnelheid en -richting te Vlissingen. Daarbij zijn tevens nog andere mogelijke factoren in de beschouwing betrokken, zoals de bovenafvoer van de Schelde en de mogelijke invloed van ver-

behoort bij: NOTA

GWWS-87.407

datum: april 1987

bladnr: 3

richte verdiepingswerken op de Westerschelde.

De resultaten van de analyse worden beschreven in hoofdstuk 3.

- Ter afsluiting worden in hoofdstuk 4 de conclusies uit het totaal aan bevindingen gegeven.

2. BEREKENINGEN MET HET UITGEBREIDE EN AANGEPASTE RANDDELTA-II MODEL

2.1. Inleiding

De waterbeweging in een aan getij onderhevig gebied kan beschreven worden met een 2-dimensionaal WAQUA-model. Het door de Rand Corporation ontwikkelde en door de DIV aangepaste programmapakket lost daarbij numeriek voor de waterbeweging relevante vergelijkingen op.

Voor (globaal) het kustgebied vanaf Scheveningen tot Blankenberge, alsmede voor de Oosterschelde en Westerschelde, werd in 1978 een WAQUA-model opgezet genaamd Randdelta-II. De resultaten van berekeningen met dit model zijn beschreven in lit. 3.

Ten gevolge van het gereedkomen van aanzienlijke kunstwerken en de al dan niet hiermee verband houdende wijzigingen in de bodemgeometrie bleek het later wenselijk het Randdelta II-model aan te passen. Bovendien werd de vraag naar gedetailleerde informatie m.b.t. de zgn. Voordelta steeds dringender. De aanpassingen ten opzichte van de oorspronkelijke modelversie betreffen:

- schematiseren van de havendammen van Zeebrugge;
- schematiseren van de stormvloedkering Oosterschelde;
- schematiseren van Philipsdam en Oesterdam;
- controle van de schematisatie van de reeds ingebouwde Slufterdam;
- controle en aanpassing van dieptes, met name ter plaatse van de Voordelta.

Naast de genoemde aanpassingen werd het model uitgebreid door het toevoegen van het zeegebied gelegen tussen Blankenberge en Oostende.

Bijlage 1 geeft de gebiedsbegrenzing aan van zowel het oorspronkelijke als het uitgebreide Randdelta-II model. In lit. 4 is het uitgebreide en aangepaste Randdelta-II model gepresenteerd.

2.2. Uitgevoerde berekeningen

Met behulp van het programmapakket WAQUA zijn, uitgaande van het aangepaste en uitgebreide Randdelta-II model, twee simulaties uitgevoerd:

- 1) To-situatie, Stormvloedkering Oosterschelde open; randvoorwaarden het getij 1-2 sept. 1975, waarbij 1 sept. als inspeelperiode geldt.
- 2) T1-situatie, Stormvloedkering Oosterschelde gesloten; randvoorwaarden overeenkomstig berekening 1).

2.3. Resultaten

Van de stations Vlissingen, Westkapelle en OS IX (mond Oosterschelde) zijn voor de To en T1-situatie waterstanden gepresenteerd op bijlage 2.

De invloed van het sluiten van de Stormvloedkering Oosterschelde blijkt op de waterstand bij Vlissingen nagenoeg nihil te zijn in relatie tot de nauwkeurigheid van het model. Op grond hiervan kan worden geconcludeerd dat ook stroomopwaarts van het Scheldebekken de invloed te verwaarlozen zal zijn.

Voor dit (aangepaste en uitgebreide) model zijn, met name voor de zuidelijke zeerland, geen randvoorwaarden onder stormvloedomstandigheden beschikbaar. Voor wat betreft de invloed op de waterstanden te Vlissingen onder stormvloedomstandigheden kunnen de resultaten van het oorspronkelijke Randdelta-II model gebruikt worden. Vergelijking van de resultaten van het oorspronkelijk en het uitgebreide model laat immers zien dat het hydraulisch gedrag van het oorspronkelijke Randdelta-II model in de To-situatie nagenoeg overeenkomt met die van het aangepaste en uitgebreide Randdelta-II model.

De resultaten van berekeningen met het oorspronkelijke model staan beschreven in lit. 5. Daarin wordt aangetoond dat de maximale waterstandsverschillen tussen een situatie zonder Oosterscheldewerken en een situatie met gesloten Stormvloedkering minder dan 2 cm zijn voor het station Vlissingen, ingeval de storm van 1953 als randvoorwaarde werd opgelegd.

Een enkele opmerking over de toepasbaarheid van het Randdelta-II model is nog op zijn plaats.

Uit recente berekeningen met een 2-dimensionaal model van de zuide-

lijke Noordzee (ZUNOWAK-model) is gebleken dat met name de westelijke waterstandsrand van het Randdelta-II model beïnvloed wordt door de sluiting van de Stormvloedkering Oosterschelde. Strikt genomen betekent dit, dat het Randdelta-II model niet geheel geschikt is om het effect van sluiting van de Stormvloedkering Oosterschelde te onderzoeken.

De hiervoor beschreven berekeningen zijn echter ook uitgevoerd met Zunowak en deze tonen aan dat er voor de mond van de Westerschelde nagenoeg geen verschil tussen de resultaten van Zunowak en Randdelta II blijken te bestaan (lit. 6). Dit kan worden verklaard door het feit dat de getijgolf zich voor de Nederlandse kust van zuid naar noord voortplant; eventuele verstoringen aan de rand van het model zullen dus eerder in noordelijk gelegen stations tot uiting komen.

Tevens blijkt uit een beknopte statistische analyse van de hoogwater-opzet bij Vlissingen voor 51 stormen (periode 1980 t/m 1986) dat er geen aanleiding is te veronderstellen dat bij de storm van 20 oktober 1986 de hoogwater-opzet is versterkt ten gevolge van het sluiten der Stormvloedkering Oosterschelde. Een duidelijke afwijking in hoogwater-opzet t.o.v. de andere stormen blijkt niet het geval. Bij deze statistische analyse is gebruik gemaakt van de hypothese:

hoogwater-opzet Vlissingen is een functie van de laagwater-opzet en de windsnelheid Vlissingen.

Bijlage 2^a toont de residuën voor het hierboven geformuleerde model, waarbij voor de hoogst geïndiceerde waarde (51) het residu van 20 okt. 1986 tot uiting komt.

Conclusies

Uit de resultaten kan geconcludeerd worden dat:

- onder normale getijomstandigheden de waterstanden bij Vlissingen niet beïnvloed worden door het sluiten van de Stormvloedkering Oosterschelde;

behoort bij: NOTA

GWWS-87.407

datum: april 1987

bladnr: 7

- bij de extreme stormvloed van 1953 de waterstanden bij Vlissingen slechts marginale verschillen te zien geven ten gevolge van het sluiten van de Stormvloedkering.

Samenvattend kan worden gesteld, dat de invloed van het sluiten van de stormvloedkering Oosterschelde op het vertikaal getij te Vlissingen bij stormvloed dermate klein is, dat ze kan worden verwaarloosd.

3. STATISTISCHE BENADERING

3.1. Probleemanalyse

Om de stormvloedstanden op de Schelde (Prosperpolder) te analyseren, is een statistisch model opgezet. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

1. het model dient verklarend van karakter te zijn voor de stormvloedden bij Prosperpolder, opgetreden in de periode 1971-1986;
2. het model dient in ieder geval de relatie tussen de optredende stormvloedstand te Prosperpolder (de afhankelijke variabele) en de hoogwaterstand gemeten bij het getijstation Vlissingen (verklarende variabele), te bevatten;
3. het model dient de stormvloedstand te Antwerpen van d.d. 20 okt. 1986 te kunnen typeren, als zijnde een passende of afwijkende waarneming, op basis van de gevonden residuele waarde;
4. in het model worden eventueel ook andere verklarende variabelen opgenomen.

Aan uitgangspunt 2 ligt de volgende overweging ten grondslag. Indien de opgetreden hoogwaterstand bij het getijstation Vlissingen wordt opgevat als verklarende variabele voor het model, dan kan worden gesteld dat hierin meteen een aantal componenten zijn vervat, die niet meer als afzonderlijke variabelen behoeven te worden ingevoerd. Het opgetreden getij te Vlissingen komt namelijk globaal gezien overeen, met een superpositie van het astronomisch getij en de stormopzet. Het bevat ook reeds de invloed van de zeespiegelrijzing en het effect van de 18,6-jarige cyclus ten gevolge van de verandering in de helling van de maansbaan.

Andere factoren die mogelijk van invloed zouden kunnen zijn (uitgangspunt 4), en eventueel in het model dienen te worden opgenomen, zijn:

- a. rijssnelheid van het getij te Vlissingen, of het voorafgaande laagwater aldaar;
- b. windinvloed;
- c. verdieping en andere ingrepen;

- d. bovenafvoer van de Schelde;
- e. lokale effecten.

Betreffende deze factoren kan het volgende worden opgemerkt.

a. De rijssnelheid

De tijdsduur die ligt tussen het optreden van de hoogwaterstand en de daaraan voorafgaande laagwaterstand te Vlissingen, kan in relatie tot het peilverschil van beide standen, worden beschouwd als een maat voor de getij-indringing in het bekken. De aldus verkregen waarde, gedefinieerd als rijssnelheid, kan als verklarende variabele in aanmerking komen. In de plaats van genoemde waarde kan ook de laagwaterstand te Vlissingen als verklarende variabele worden gehanteerd.

b. De windinvloed

De wind veroorzaakt voor een belangrijk deel de opzet bij het optredende hoogwater te Vlissingen.

De tijd die verstrijkt tussen het tijdstip van optreden van het hoogwater te Vlissingen en het hoogwater te Antwerpen bedraagt ca. 1,5 à 2 uur. Gedurende deze periode doet de wind zijn invloed nog gelden op het getij. De windrichting is hierbij van belang in verband met eventuele (lokale) opstuwingeffecten.

Verreweg de meeste stormvloedën, opgetreden in de periode 1971-1986, gingen gepaard met een windrichting variërend tussen 270° en 360°.

Aangezien de formulering van de windinvloed op het getij zeer gecompliceerd is, wordt het gebruik van alleen de opgetreden (gemiddelde) windsnelheid van 1 uur na hoogwater te Vlissingen met windrichting tussen 270° en 360°, het meest raadzaam geacht.

c. Verdieping en andere ingrepen

Door verdiepingswerken en eventueel andere ingrepen, kunnen wijzigingen zijn ontstaan in het getijregime en hiermee in het getijvolume van de Westerschelde. Hoewel de verdieping voornamelijk verandering teweeg brengt in de laagwaterstanden (lit. 7) en (lit. 8), is het niet uitgesloten dat deze ook enig effect op de hoogte der stormvloedstanden zou hebben.

d. Bovenafvoer van de Schelde

Uit een in het verleden verricht onderzoek (lit. 9), is gebleken dat de stormvloedhoogten onafhankelijk zijn van de bovendeelten van de Schelde. Derhalve is ervan afgezien, de afvoer als variabele bij het onderzoek te betrekken.

e. Lokale effecten

Onder lokale effecten vallen ondermeer buistoten en oscillaties.

In de praktijk blijken dergelijke lokale effecten nauwelijks of niet geparameteriseerd te kunnen worden.

Een en ander betekent dat deze bij de berekeningen buiten beschouwing worden gelaten.

3.2. Het gebruikte data-bestand

Er is gekozen voor een model met meervoudige lineaire regressie (lit. 10). Voor de berekeningen, welke zijn uitgevoerd met het computer-pakket STATGRAPHICS (lit. 11), is een bestand samengesteld in matrix structuur, waarin - aansluitend bij uitgangspunt 2 en 4 - van een aantal stormen kenmerkende grootheden voor de stations Vlissingen en Prosperpolder ¹⁾ zijn genomen.

Bij het samenstellen van het bestand hebben de volgende overwegingen een rol gespeeld:

- a. slechts die stormen, waarvan de relevante gegevens simultaan voor de getijstations Vlissingen en Prosperpolder beschikbaar waren, komen in aanmerking als basisgegevens te dienen voor de berekeningen;
- b. de data-reeks dient een voldoende groot aantal waarnemingen te bevatten om zinvol het meervoudige regressiemodel toe te kunnen passen.

Bovenstaande overwegingen hebben ertoe geleid niet het station Antwerpen als afhankelijke variabele te hanteren -hetgeen aanvankelijk de bedoeling was- maar Prosperpolder. Een tekort aan waarnemingen en een aantal onzekerheden in de beschikbare waarden, lag hieraan ten grondslag.

Van het station Prosperpolder waren voldoende eenduidige waarnemingen beschikbaar, zodat aan de onder b genoemde voorwaarde ruimschoots kon

¹⁾ Voor een drietal aangegeven stormen zijn i.p.v. gegevens van het getijstation Prosperpolder gegevens van Zandvlietsluis opgenomen, omdat van eerst genoemde geen gegevens beschikbaar waren. Het verschil tussen de getijwaarnemingen van beide stations is zeer gering (slechts enkele centimeters).

worden voldaan.

De beschikbare data van het getijstation Vlissingen (de verklarende variabele) zijn voorts geselecteerd aan de hand van de volgende criteria:

- * de hoogwaterstand dient hoger of gelijk te zijn aan N.A.P. +2,82 m. Laatst genoemd peil vormt namelijk de ondergrens van de waterstanden te Vlissingen die gedurende de periode 1971-1986 een waterstand te Antwerpen tot gevolg hadden, welke voldoet aan het in lit. 1 genoemde criterium voor stormvloeden;
- * de windrichting te Vlissingen dient niet kleiner te zijn dan 270° en niet groter dan 360°;
- * de windsnelheid te Vlissingen dient niet kleiner te zijn dan 7 m/s (gemeten 1 uur na HW Vlissingen). Deze uurwaarde wordt maatgevend geacht voor de periode die verstrijkt tussen HW-Vlissingen en HW-Prosperpolder.

De laagste windsnelheid te Vlissingen welke in de periode 1971-1986 een stormvloedstand te Antwerpen tot gevolg had, bedroeg namelijk 7 m/s.

De aldus geselecteerde data, welke de variabelen vormen voor de berekening van de diverse relaties, worden in tabel 1 gepresenteerd.

3.3. Het statistische model

Er zijn twee modelhypothesen geformuleerd:

- a) Model 1: Hoogwater Prosperpolder als functie van hoogwater Vlissingen, windsnelheid Vlissingen en rijssnelheid van het getij te Vlissingen;
- b) Model 2: Hoogwater Prosperpolder als functie van hoogwater Vlissingen, windsnelheid Vlissingen en laagwater Vlissingen.

Van de mogelijke verklarende variabelen zijn rijssnelheid en laagwater Vlissingen sterk gecorreleerd, zie bijlage 3.

Deze variabelen zijn dan ook niet samen in één model opgenomen. Beide modellen zijn getoetst aan de dataset. Ook zijn de parameters geschat en is gecontroleerd of de principes van meervoudige regressie geen geweld worden aangedaan d.m.v. een analyse van de residuen. De resultaten zijn als volgt:

behoort bij: NOTA

GWWS-87.407

datum: april 1987

bladnr: 12

Model 1. De gevonden formulering voor model 1 luidt:

$$y = 1.08 X_1 + 2.6 X_2 + 15 X_3 + 11$$

waarin y = hoogwater Prosper in cm t.o.v. N.A.P.

X_1 = hoogwater Vlissingen in cm t.o.v. N.A.P.

X_2 = windsnelheid Vlissingen (1 uur na tijdstip hoogwater) in m/s.

X_3 = rijssnelheid ofwel DH/DT volgens de formule

$$\frac{DH}{DT} = \frac{HW - LW}{\text{Periode LW-HW}} \quad \text{in cm/minuut}$$

Voor de totale regressie geldt: $R^2 = 0.94$ en de standaardafwijking van het residu = 7.4 cm (zie tabel 2).

Bijlage 4, figuur 1 geeft een grafisch beeld van de gebruikte onafhankelijke variabelen uit tabel 1, terwijl bijlage 5 de residuen grafisch weergeeft.

De bijdragen die de onafhankelijke variabelen leveren aan het model kunnen als volgt gekwantificeerd worden.

De modelhypothese

$$Y = \beta_0 + \beta_1 * X_1$$

(HW Prosper is alleen een functie van HW Vlissingen)

geeft een standaardafwijking van het residu van 11,4 cm; deze relatie verklaart 86% van de variantie in de waterstand bij Prosperpolder.

De modelhypothese

$$Y = \beta_0 + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2$$

(HW Prosper is een functie van HW en rijssnelh. Vlissingen)

geeft een standaardafwijking van het residu van 7,8 cm; deze relatie verklaart 93% van de variantie in de waterstand bij Prosperpolder.

Gecontroleerd is of er bij de residuen van model 1 sprake is van:

- autocorrelatie
- inhomogene variantie
- niet-normaal verdeeld zijn

Met de Durbin and Watson statistic is eventueel aanwezige autocorrelatie onderzocht. De resultaten voor diverse sorteringen van de residuën

aan de hand van de verklarende variabelen en tijd tonen aan dat er geen sprake is van autocorrelatie.

Visueel blijkt uit bijlage 5 en 6 dat er geen aanleiding is te veronderstellen dat de variantie inhomogeen is.

De Kolmogorov-Smirnov test op normaliteit gaf bij een onbetrouwbaarheidsdrempel $\alpha = 0.05$ geen aanleiding te verwerpen dat de residuen normaal verdeeld zijn (bijlage 7).

De controle van de residuen toont aan dat aan de voorwaarden voor toepassing van meervoudige regressie wordt voldaan.

Model 2. De gevonden formulering voor deze relatie luidt:

$$y = 1.12 X_1 + 2.7 X_2 - 0.04 X_3 + 10$$

waarin y = hoogwater Prosper in cm t.o.v. N.A.P.

X_1 = hoogwater Vlissingen in cm t.o.v. N.A.P.

X_2 = windsnelheid Vlissingen (1 uur na tijdstip hoogwater) in m/s.

X_3 = laagwater Vlissingen in cm t.o.v. N.A.P.

Voor de totale regressie geldt: $R^2 = 0.94$ en de standaardafwijking van het residu bedraagt 7.5 cm (zie tabel 3).

Op bijlage 4, figuur 2 worden de gebruikte onafhankelijke variabelen gepresenteerd; bijlage 8 geeft een beeld van de residuele waarden.

Analoog aan de werkwijze bij model 1 wordt ook nu getoetst op autocorrelatie, inhomogene variantie en niet-normaal verdeeld zijn van de residuele waarden.

De resultaten van de Durbin-Watson statistic (voor diverse sorteringen van de residuën aan de hand van de verklarende variabelen en tijd) geven aan dat er geen sprake is van autocorrelatie.

Uit bijlage 8 en 9 blijkt dat er geen aanleiding bestaat te veronderstellen dat de variantie inhomogeen is.

De Kolmogorov-Smirnov test op normaliteit geeft bij een onbetrouwbaarheidsdrempel $\alpha = 0,05$ eveneens geen aanleiding de normale verdeling van de residuen te verwerpen (bijlage 10).

In woorden kunnen de gevonden statistische relaties als volgt samengevat worden.

- Het opgetreden hoogwater bij Prosperpolder onder stormvloedomstandigheden is in sterke mate afhankelijk van het opgetreden hoogwater bij Vlissingen met de hieraan voorafgaande getijrijzing (uitgedrukt in rijssnelheid dan wel in de vorm van de laagwaterstand) en de windsnelheid in de periode verlopend tussen hoogwater Vlissingen en hoogwater Prosperpolder.

3.4. Invloed van de verdieping van de Westerschelde

Om een eventuele invloed van de verdieping van de Westerschelde te onderzoeken is in het bestand van tabel 1 de invoervariabele "diepte" gedefinieerd. Deze invoervariabele splitst als het ware het bestand op in twee perioden, te weten vanaf 1971 tot 1978 en vanaf 1978 tot en met 1986, zodat hiermee de aanwezigheid van een staptrend in de dataset is te onderzoeken. De stap is bewust in 1978 gekozen omdat tot 1978 relatief weinig en na 1978 relatief veel verdiept is.

Naast de staptrend is het mogelijk m.b.v. de variabele "datum" een lineaire trend over de periode 1971 tot en met 1978 te onderzoeken. In tabel 4 t/m 7 staan de fit-resultaten van beide modellen, aangevuld met de variabele "diepte" respectievelijk "datum", vermeld. Verworpen kan worden dat "diepte", resp. "datum" van invloed zijn, aangezien de gevonden overschrijdingskansen de aangenomen onbetrouwbaarheidsdrempel van 5% ruim overschrijden.

Er valt te concluderen dat de verdieping geen rol van betekenis speelt.

3.5. Typering stormvloed van 20 oktober 1986

Aansluitend bij uitgangspunt 3 is het hoogwater Prosperpolder van 20 oktober 1986 zeker geen absolute uitbijter in de gevonden residuele reeks.

Zowel op bijlage 5 (model 1) als bijlage 8 (model 2) komt dit goed tot uiting (laatste waarneming). De absolute afwijking van het model is 16,5 cm. De kans op een dergelijke of grotere afwijking is 3%.

3.6. Invloed van verdieping op de onafhankelijke variabelen hoogwater, laagwater en rijssnelheid Vlissingen

Om na te gaan of verdieping wellicht indirect invloed heeft op de waterstanden bij Prosperpolder en wel via de onafhankelijke variabelen, is een regressie analyse uitgevoerd met hoogwater Vlissingen, laagwater Vlissingen en rijssnelheid Vlissingen enerzijds en diepte resp. datum (zie tabel 1) anderzijds. Daaruit bleek dat bij een onbetrouwbaarheidsdrempel van 5% de hypothese kan worden verworpen dat de hoogwaters en de laagwaters veranderd zijn onder invloed van de respectievelijke invoervariabelen "diepte" en "datum". De resultaten van de berekeningen zijn gegeven in tabel 8 t/m 10.

Voor de onderzochte situatie, namelijk bij selectie op hoogwaterstanden Vlissingen boven N.A.P. +2.82 met wind uit het NW in de periode 1971 t/m 1986, kan dus niet worden aangetoond dat er een verband bestaat tussen verdieping en hoogwater en laagwater Vlissingen.

Berekeningen met het IMPLIC Westerschelde model (in opdracht van de Technische Scheldecommissie) geven aan dat de verdieping zich vooral manifesteert in stations ten oosten van Hansweert en dat met name de laagwaters lager worden (tot ca. 1 dm). De hoogwaters blijven nagenoeg gelijk (lit. 7 en 8).

Een analyse van de lange termijn ontwikkeling geeft aan dat het hoogwater en laagwater hoger worden, met name door de zeespiegelrijzing (lit 12).

De tijdreeks van tabel 1 is te kort om dergelijke ontwikkelingen zinvol te kunnen analyseren; de 18,6-jaarlijkse cyclus kan bijvoorbeeld niet eens in de analyse betrokken worden. Externe invloeden met een lange termijn karakter maken uitspraken ten aanzien van de ontwikkeling van het hoog- en laagwater Vlissingen onmogelijk. Dit behoorde echter ook niet tot de doelstelling van deze analyse.

Samenvattend kan worden gesteld dat in de onderzochte periode (1971 t/m 1986) volgens eerder vermelde selectie criteria geen verband tussen verdieping en de onafhankelijke variabelen kan worden vastgesteld.

3.7. Nadere beschouwing van de resultaten

De residuele reeksen - van beide hiervoor behandelde modelformuleringen - bevatten een standaardafwijking van ruim 7 cm.

Bronnen die niet in de berekeningen betrokken zijn, doch wel enig effect op het residu hebben, zijn onder andere:

- de nauwkeurigheid van de registratieapparatuur;
- de lineaire formulering van de gehanteerde parameters; de windsnelheid zou b.v. beter weergegeven kunnen worden door een kwadratische term;
- ontbreken van (minder significante) parameters; te denken valt aan de lokale windrichting, die in belangrijke mate het effect van de windsnelheid kan beïnvloeden;
- lokale effecten als buistoten en oscillaties. Reeds in par. 3.1. is aangegeven, dat dergelijke effecten niet of nauwelijks geparameteriseerd kunnen worden.

Opgemerkt kan worden, dat het verdisconteren van bovengenoemde aspecten in de berekeningen zeer gecompliceerd is.

De standaardafwijking (van het residu) van ruim 7 cm wordt echter voldoende nauwkeurig geacht, zodat verdere verfijningen niet in het model zijn opgenomen.

In lit. 2 wordt gewezen op extreme peilverschillen, die zich bij een aantal stormvloed en hebben voorgedaan, tussen HW te Vlissingen en HW te Antwerpen.

Deze peilverschillen zijn echter voldoende te verklaren. Geheel overeenkomstig model 1 en model 2 van par. 3.3. spelen de rijssnelheid (ofwel laagwater) en de windsnelheid een overwegende rol.

Uit bijlage 11 blijkt dat juist tijdens de stormvloed van 20 oktober 1986 zowel de rijzing als de windsnelheid relatief hoog waren.

behoort bij: NOTA

GWWS-87.407

datum: april 1987

bladnr: 17

4. CONCLUSIES

Samengevat komen de bevindingen, beschreven in de voorgaande hoofdstukken, op het volgende neer.

Uit de resultaten van het Randdelta-II model blijkt, dat het sluiten van de Stormvloedkering Oosterschelde geen invloed van enige betekenis heeft op de waterstand te Vlissingen en dus evenmin op de waterstanden stroomopwaarts het Scheldebekken.

Uit statistisch onderzoek blijkt, dat de optredende hoogwaterstand te Prosperpolder onder stormvloedomstandigheden in sterke mate afhankelijk is van de opgetreden getijcondities te Vlissingen (hoogwaterstand en voorafgaande rijssnelheid c.q. laagwater) en de windsnelheid in de periode die verloopt tussen het tijdstip van het hoogwater te Vlissingen en het hoogwater te Prosperpolder. De relatie tussen de genoemde variabelen verklaart 94% van de variantie in de waterstand bij prosperpolder. De absolute standaardfout van het residu is slechts 7.4 cm. Voorts werd vastgesteld dat het peilverschil - hetgeen aanzienlijk kan zijn - tussen het hoogwater te Prosperpolder en het hoogwater te Vlissingen in sterke mate wordt bepaald door de windsnelheid welke optreedt in de periode tussen beide tijdstippen en de voorafgaande rijssnelheid c.q. laagwaterstand te Vlissingen.

Voor de storm van 20 oktober 1986 betekent één en ander het volgende: De opgetreden stormvloedstand te Prosperpolder van 4,73 m + N.A.P. is veroorzaakt door de opgetreden hoogwaterstand van 3,44 m + N.A.P. te Vlissingen in combinatie met een extreme windsnelheid van 20 m/s en een extreme rijssnelheid van 1,52 cm/min. te Vlissingen. De buitengewone hoogwaterstand te Prosperpolder wordt door het gepresenteerde model afdoende verklaard.

Betreffende de invloed van de verdieping van de Westerschelde, kan worden geconcludeerd dat bij de eerder beschreven selectiecriteria geen directe relatie werd vastgesteld tussen de hoogwaterstanden te Prosperpolder en de verdieping.

behoort bij: NOTA

GWWS-87.407

datum: april 1987

bladnr: 18

Erkentelijkheid

De auteurs zijn dank verschuldigd aan drs. J. v.d. Meer van de afdeling AOB van de Dienst Getijdewateren voor zijn advies met betrekking tot het statistische gedeelte van deze nota en het kritische doornemen van het concept.

Tevens wordt dank uitgesproken aan alle deelnemers van de Wetenschappelijke Bijeenkomst dd. 16 oktober 1987, voor de bijdragen die ze hebben geleverd aan het tot stand komen van de definitieve versie van deze nota.

LITERATUUR

1. Claessens, J. en H. Belmans. Overzicht van de getijwaarnemingen in het Zeescheldebekken gedurende het decennium 1971-1981, uittreksel uit het Tijdschrift der Openbare Werken van België, nr. 3-1984.
2. De buitengewone stormvloed van 20 oktober 1986, Antwerpse Zeediensten, (1^e verslag; concept), 1986.
3. Langerak, A., M.A.M. de Ras en J.J. Leendertse. Adjustment and verification of the RANDDELTA-II model, P6247 RWS/WL RAND corporation 1978.
4. Dekker, L. Presentatie van het aangepast en uitgebreide RANDDELTA-II computer getijmodel, Rijkswaterstaat Directie Zeeland, nota AXH 86.257.
5. Bosselaar, B.J. Invloed stormvloedkering 1985, Rijkswaterstaat Delta-dienst notitie DDWT 85.391.
6. Langendoen, E. Onderzoek naar de vergroting van het getijverschil te Vlissingen, TU Delft/DGW Den Haag, 1987.
7. Dekker, L. en G.P. Bollebakker. Getijberekeningen in verband met het onderzoek naar de verdieping van de Westerschelde, deel Ib: Matig Springtij, Rijkswaterstaat Dir. Waterhuishouding en Waterbeweging Nota WWKZ-82.V005.
8. Dekker, L. Getijberekeningen in verband met het onderzoek naar de verdieping van de Westerschelde, deel II: Stormtij, Rijkswaterstaat Dir. Waterhuishouding en Waterbeweging Nota WWKZ-81.V010.
9. Janssens, C. en M. Sas. Studie van de extreme getijwaterstanden op de Schelde.
Katholieke Universiteit Leuven, E1978 - 1979.
10. Wesolowsky, G.O. Multiple Regression and Analysis of Variance, Wiley-Interscience Publications, 1976.
11. Statgraphics. Statistical graphics system by statistical graphics corporation, 1985.
12. Ronde, J.G. de. Changes of relative mean sea level and of mean tidal amplitude along the Dutch coast. Rijkswaterstaat Dir. Waterhuishouding en Waterbeweging 1982.

DATUM	HW PROSP	HW VLISS	WIND VLISS	RIJSSN. VLISS	LW VLISS	DIEPTE
171171	363	299	9	1.03	-100	0
211171	372	296	11	1.25	-199	0
221171	402	335	8	.86	4	0
150472	385	301	12	1.44	-212	0
160472	358	284	8	1.32	-183	0
221072	361	287	7	1.07	-176	0
131172	392	282	20	1.12	-135	0
231172	372	293	10	1.12	-141	0
030473	364	288	10	1.12	-109	0
030473	418	335	12	1.00	12	0
070473	369	293	11	1.40	-202	0
131173	432	350	14	1.20	-75	0
131173	401	320	10	1.30	-166	0
151173	371	299	10	1.19	-147	0
061273	376	306	9	.95	-62	0
141273	465	349	16	1.36	-139	0
141273	431	355	10	1.06	-64	0
151273	372	294	10	.81	-37	0
070274	383	301	8	1.41	-199	0
280175	398	312	9	1.02	-102	0
071075	361	291	7	1.35	-194	0
171175	349	286	8	.95	-90	0
201175	396	320	9	1.27	-135	0
031275	362	292	8	1.19	-150	0
030176	494	394	17	1.06	-28	0
040176	385	313	7	.71	26	0
200176	435	335	13	1.46	-180	0
220176	411	329	12	1.31	-162	0
231176	371	298	8	1.24	-170	0
241176	365	289	8	1.42	-217	0
011077	379	294	14	1.12	-100	0
131177	418	345	7	1.27	-122	0
131177	427	349	12	1.19	-79	0
151177	480	373	18	1.18	-54	0
151177	413	329	14	1.13	-80	0
161177	366	284	11	1.13	-120	0
241177	375	291	12	1.04	-68	0
251177	382	294	10	.92	-58	0
251177	362	284	12	1.01	-96	0
301277	374	315	10	1.03	-74	1
260378	409	304	16	1.39	-162	1
250578	368	285	8	1.30	-175	1
171078	373	290	11	1.34	-191	1
020179	455	340	16	1.72	-232	1
110179	368	284	12	1.02	-90	1
130179	365	282	8	1.17	-146	1
051179	399	311	11	1.24	-133	1
061179	424	333	8	1.35	-156	1
181279	389	291	18	1.09	-110	1
010280	380	296	11	1.18	-127	1
020480	372	282	11	1.21	-160	1
190480	384	302	8	1.18	-152	1
200480	426	339	9	1.20	-117	1
310880	406	319	11	1.38	-157	1
251080	408	322	9	1.46	-194	1
251080	393	318	7	1.31	-154	1
061280	360	295	8	.96	-117	1
150181	371	294	12	.82	-21	1
100281	373	285	10	1.26	-182	1
220381	401	318	14	1.30	-192	1
131081	384	301	12	1.37	-177	1
141081	368	297	8	1.42	-191	1
141181	397	327	7	1.32	-161	1
131181	363	291	9	1.32	-178	1
241181	398	310	13	.96	-74	1
251181	372	300	10	.85	-31	1
251181	363	283	12	1.01	-100	1
281181	378	302	11	1.17	-118	1
281181	358	289	7	1.13	-112	1
291181	357	286	11	1.12	-126	1
141281	396	317	11	1.28	-119	1
110382	404	323	9	1.29	-117	1
110382	440	338	16	1.42	-169	1
080482	389	313	10	1.24	-145	1
210882	371	300	12	1.43	-199	1
071082	354	290	11	1.21	-147	1
151082	362	283	11	1.08	-106	1
171182	386	317	11	1.01	-79	1
161282	410	327	16	1.17	-89	1
040183	355	282	8	1.23	-126	1
180183	411	332	13	1.08	-92	1
300183	411	310	17	1.55	-193	1
310183	413	328	11	1.20	-97	1
010283	379	290	19	1.20	-200	1
020283	451	371	11	.95	6	1
260383	403	308	15	1.06	-152	1
110983	358	292	10	1.21	-152	1
120983	383	306	13	1.15	-113	1
061083	354	286	12	1.37	-196	1
081083	355	289	7	1.39	-200	1
040184	401	322	14	.86	-13	1
080184	355	284	9	.93	-68	1
070284	379	298	10	.94	-55	1
070284	369	287	11	1.09	-77	1
080284	367	289	11	.98	-87	1
030384	426	340	11	1.13	-83	1
100984	370	290	9	1.06	-74	1
260984	371	298	9	1.50	-214	1
120485	389	291	17	.99	-76	1
201086	473	344	20	1.52	-185	1

Tabel 1. Bestand invoervariabelen,
op datum gesorteerd.
HW Prosper, HW en LW Vliiss
zijn in cm tov NAP, wind Vliiss
in m/s, rijssnelheid Vliiss in
cm/minuut.
De kolom 'diepte' definieert de
periode voor staptrend verdieping

MODEL FITTING RESULTS				
VARIABLE	COEFFICIENT	STND. ERROR	T-VALUE	PROB(> T)
CONSTANT	11.284351	10.398798	1.0852	.2805
hwvli	1.075789	0.033019	32.5806	.0000
windvli	2.640973	0.245774	10.7455	.0000
rijsvli	14.631733	3.930418	3.7227	.0003

0 CASES WITH MISSING VALUES WERE EXCLUDED.

ANALYSIS OF VARIANCE FOR THE FULL REGRESSION					
SOURCE	SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F-RATIO	PROB(>F)
MODEL	84727.457	3	28242.486	521.905	.000
ERROR	5249.0780	97	54.1142		
TOTAL (CORR.)	89976.535	100			

R-SQUARED = 0.941662

R-SQUARED (ADJ. FOR D.F.) = 0.939857

STND. ERROR OF EST. = 7.35624

Fit resultaten model 1.

TABEL 2

MODEL FITTING RESULTS				
VARIABLE	COEFFICIENT	STND. ERROR	T-VALUE	PROB(> T)
CONSTANT	9.997167	10.859704	.9206	.3596
hwvli	1.116745	0.034813	32.0782	.0000
windvli	2.685907	0.24828	10.8181	.0000
lwvli	-0.044002	0.013393	-3.2854	.0014

0 CASES WITH MISSING VALUES WERE EXCLUDED.

ANALYSIS OF VARIANCE FOR THE FULL REGRESSION					
SOURCE	SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F-RATIO	PROB(>F)
MODEL	84578.224	3	28192.741	506.584	.000
ERROR	5398.3105	97	55.6527		
TOTAL (CORR.)	89976.535	100			

R-SQUARED = 0.94

R-SQUARED (ADJ. FOR D.F.) = 0.93815

STND. ERROR OF EST. = 7.4601

Fit resultaten model 2.

TABEL 3

MODEL FITTING RESULTS

VARIABLE	COEFFICIENT	STND. ERROR	T-VALUE	PROB(> T)
CONSTANT	12.05142	10.605902	1.1363	.2587
hwvli	1.07324	0.033726	31.8227	.0000
windvli	2.65455	0.24899	10.6613	.0000
rijsvli	14.852961	3.983162	3.7289	.0003
diepte	-0.644811	1.554402	-.4148	.6792

0 CASES WITH MISSING VALUES WERE EXCLUDED.

Fit-resultaten staptrend verdieping op model 1.

TABEL 4

MODEL FITTING RESULTS

VARIABLE	COEFFICIENT	STND. ERROR	T-VALUE	PROB(> T)
CONSTANT	25.461607	18.87454	1.3490	.1805
hwvli	1.072046	0.033312	32.1821	.0000
windvli	2.684218	0.250658	10.7087	.0000
rijsvli	14.837926	3.940916	3.7651	.0003
datum	-0.173359	0.192528	-.9004	.3701

0 CASES WITH MISSING VALUES WERE EXCLUDED.

Fit-resultaten lineaire trend verdieping op model 1.

TABEL 5

MODEL FITTING RESULTS

VARIABLE	COEFFICIENT	STND. ERROR	T-VALUE	PROB(> T)
CONSTANT	10.396326	11.089409	.9375	.3509
hwvli	1.115726	0.035344	31.5674	.0000
windvli	2.69307	0.251998	10.6869	.0000
lwvli	-0.044242	0.013512	-3.2743	.0015
diepte	-0.318632	1.56924	-.2030	.8395

0 CASES WITH MISSING VALUES WERE EXCLUDED.

Fit resultaten staptrend verdieping op model 2.

TABEL 6

MODEL FITTING RESULTS

VARIABLE	COEFFICIENT	STND. ERROR	T-VALUE	PROB(> T)
CONSTANT	20.491242	19.53936	1.0487	.2969
hwvli	1.114057	0.035164	31.6816	.0000
windvli	2.718584	0.254098	10.6989	.0000
lwvli	-0.043936	0.013434	-3.2705	.0015
datum	-0.126354	0.195317	-.6469	.5192

0 CASES WITH MISSING VALUES WERE EXCLUDED.

Fit resultaten lineaire trend verdieping op model 2.

TABEL 7

Regressie hoogwater resp laagwater
resp rijssnelheid met diepte

Regressie hoogwater resp laagwater
resp rijssnelheid met datum

Simple Regression of hwlis on diepte				
Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	312.026	3.71854	83.9108	0
Slope	-6.445	4.7461	-1.35796	0.177565

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio
Model	994.44372	1	994.44372	1.84404
Error	53388.071	99	539.273	

Total (Corr.) 54382.515 100

Correlation Coefficient = -0.135226
Std. Error of Est. = 23.2223

TABEL 8a

Simple Regression of lwlis on diepte				
Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	-115.615	9.2652	-12.4785	0
Slope	-15.3524	11.8255	-1.29824	0.197221

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio
Model	5642.6753	1	5642.6753	1.6854
Error	331443.17	99	3347.91	

Total (Corr.) 337085.84 100

Correlation Coefficient = -0.129382
Std. Error of Est. = 57.8611

TABEL 9a

Simple Regression of rijsvliis on diepte				
Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	1.15349	0.0302284	38.1591	0
Slope	0.050916	0.0385816	1.3197	0.189799

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio
Model	.0620646	1	.0620646	1.7416046
Error	3.528011	99	.035636	

Total (Corr.) 3.590075 100

Correlation Coefficient = 0.131483
Std. Error of Est. = 0.188776

TABEL 10a

Simple Regression of hwlis on datum				
Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	338.649	47.4206	7.14138	9.17004E-8
Slope	-0.385476	0.597054	-0.645631	0.520012

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio
Model	228.01716	1	228.01716	.41684
Error	54154.498	99	547.015	

Total (Corr.) 54382.515 100

Correlation Coefficient = -0.0647521
Std. Error of Est. = 23.3884

TABEL 8b

Simple Regression of lwlis on datum				
Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	-96.4152	118.275	-0.815181	0.416926
Slope	-0.360834	1.48915	-0.242309	0.809042

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio
Model	199.79563	1	199.79563	.05871
Error	336886.05	99	3402.89	

Total (Corr.) 337085.84 100

Correlation Coefficient = -0.0243457
Std. Error of Est. = 58.3343

TABEL 9b

Simple Regression of rijsvliis on datum				
Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	0.909986	0.385111	2.36292	0.0200862
Slope	3.46353E-3	4.84877E-3	0.71431	0.476716

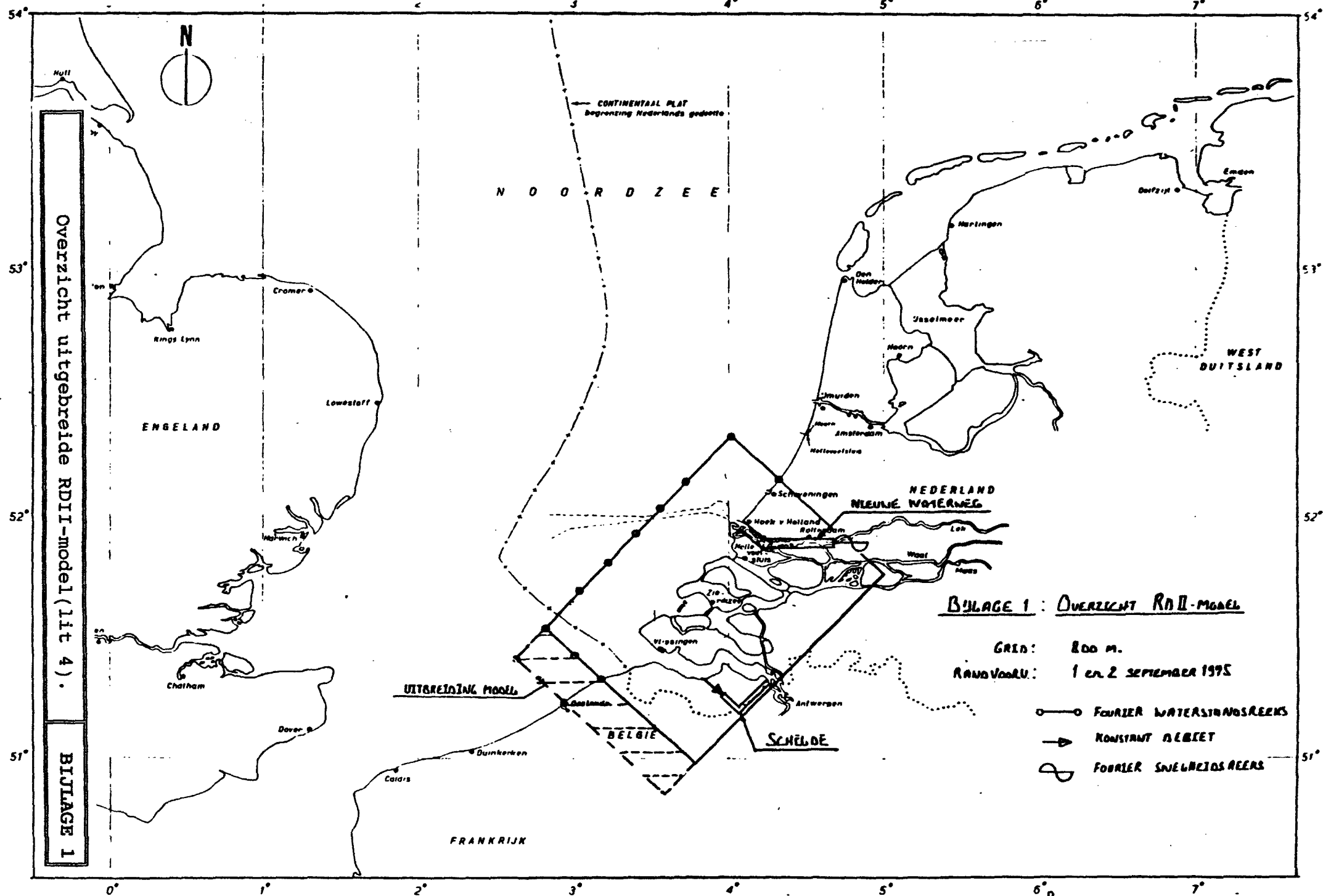
Analysis of Variance

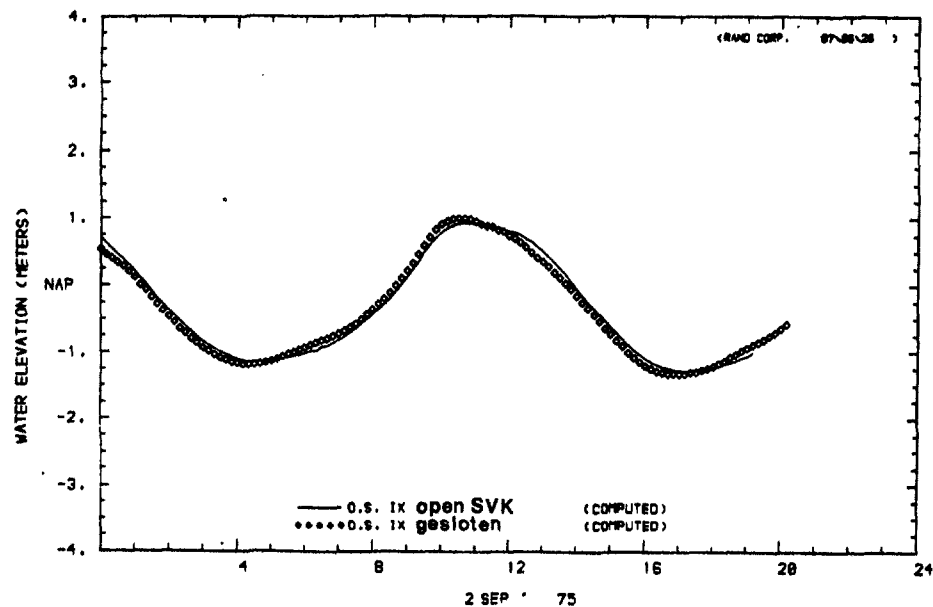
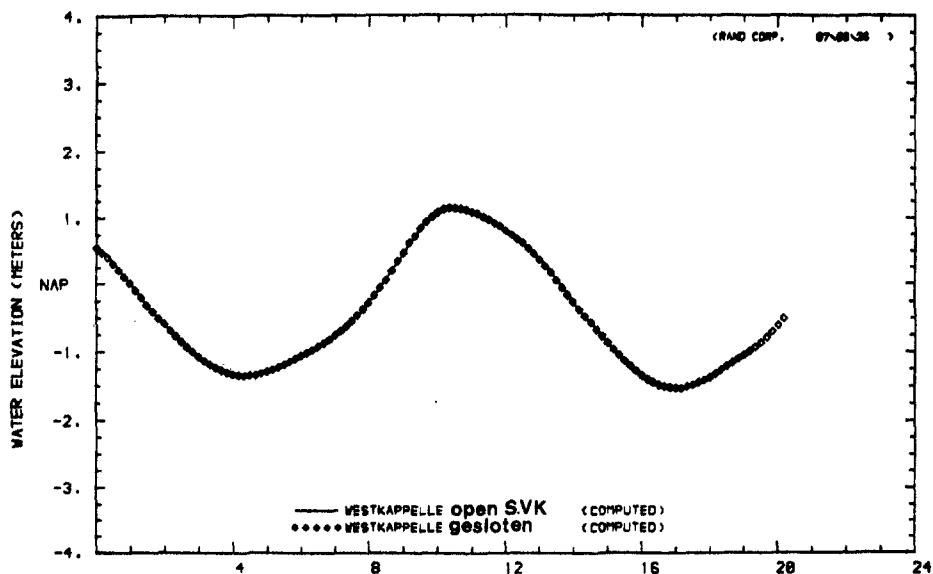
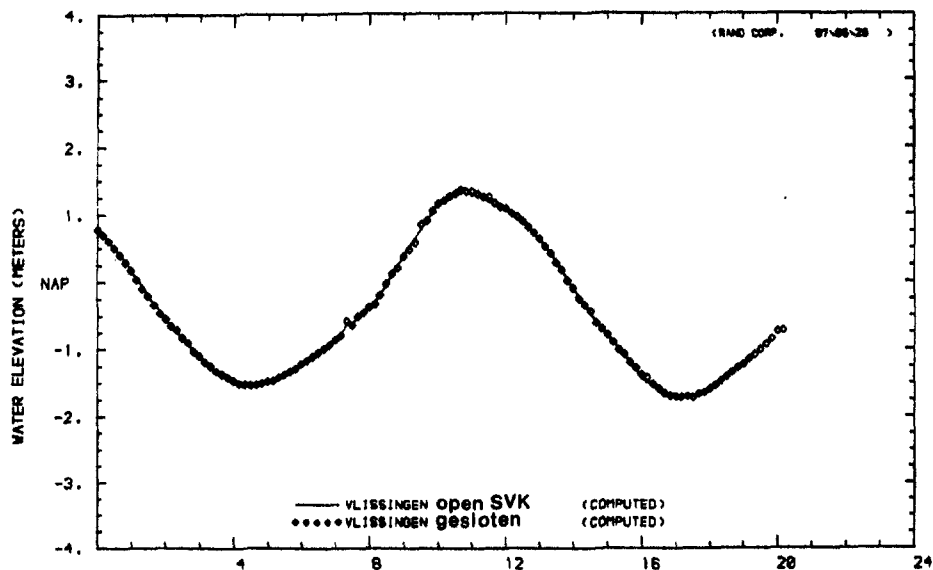
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio
Model	.0184081	1	.0184081	.5102388
Error	3.571667	99	.036077	

Total (Corr.) 3.590075 100

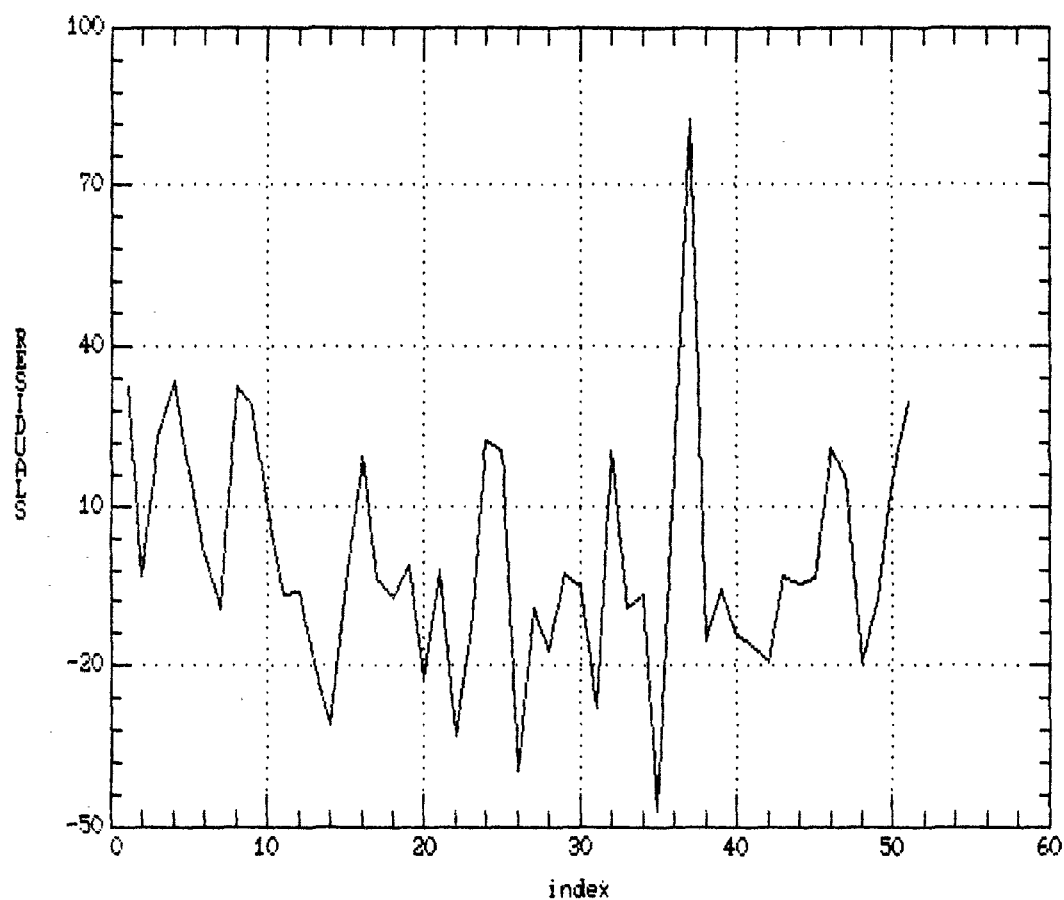
Correlation Coefficient = 0.0716066
Std. Error of Est. = 0.189741

TABEL 10b





Plot of RESIDUALS vs index



Residu versus index van model:
Hoogwateropzet als functie van laagwateropzet
en windsnelheid

BIJLAGE 2a

Simple Regression of rijsvlis on lwvlis

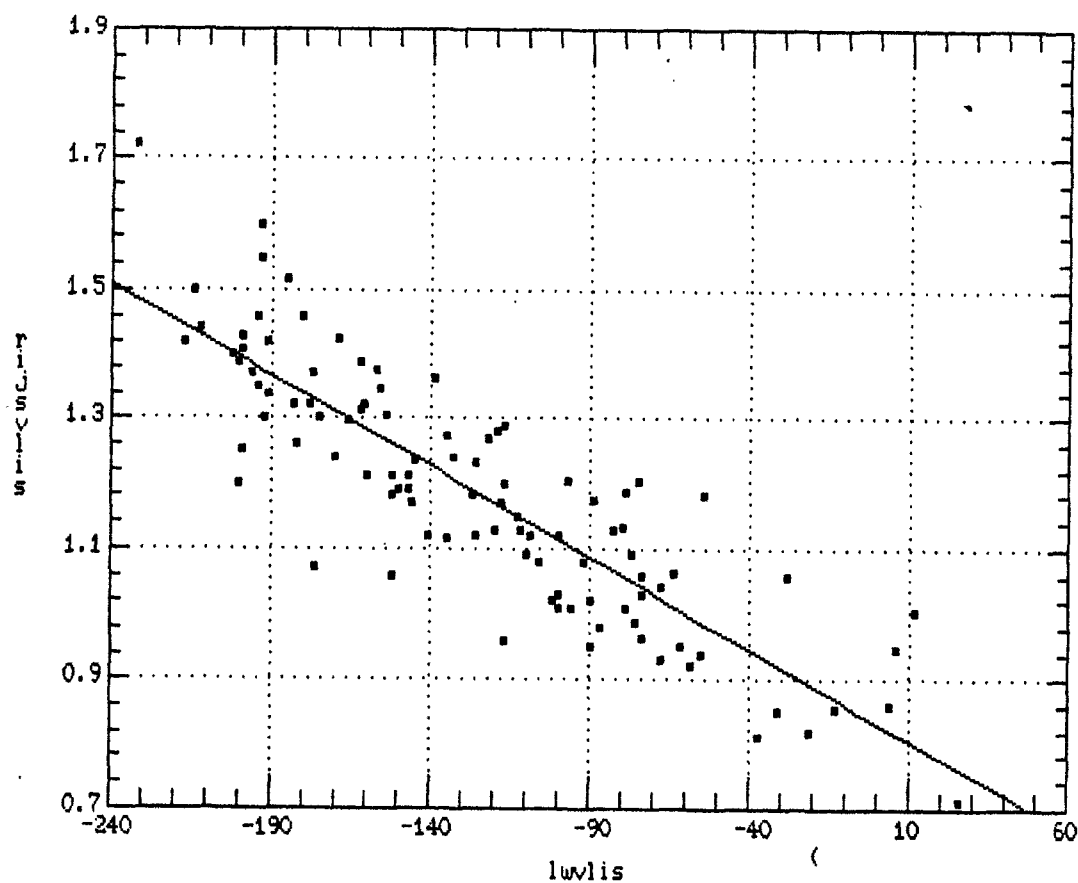
Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	0.83258	0.022823	36.48	0
Slope	-2.8164E-3	1.657E-4	-16.997	0

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio
Model	2.67384	1	2.67384	288.91223
Error	.916232	99	.009255	
Total (Corr.)	3.590075	100		

Correlation Coefficient = -0.86301
 Std. Error of Est. = 0.096202

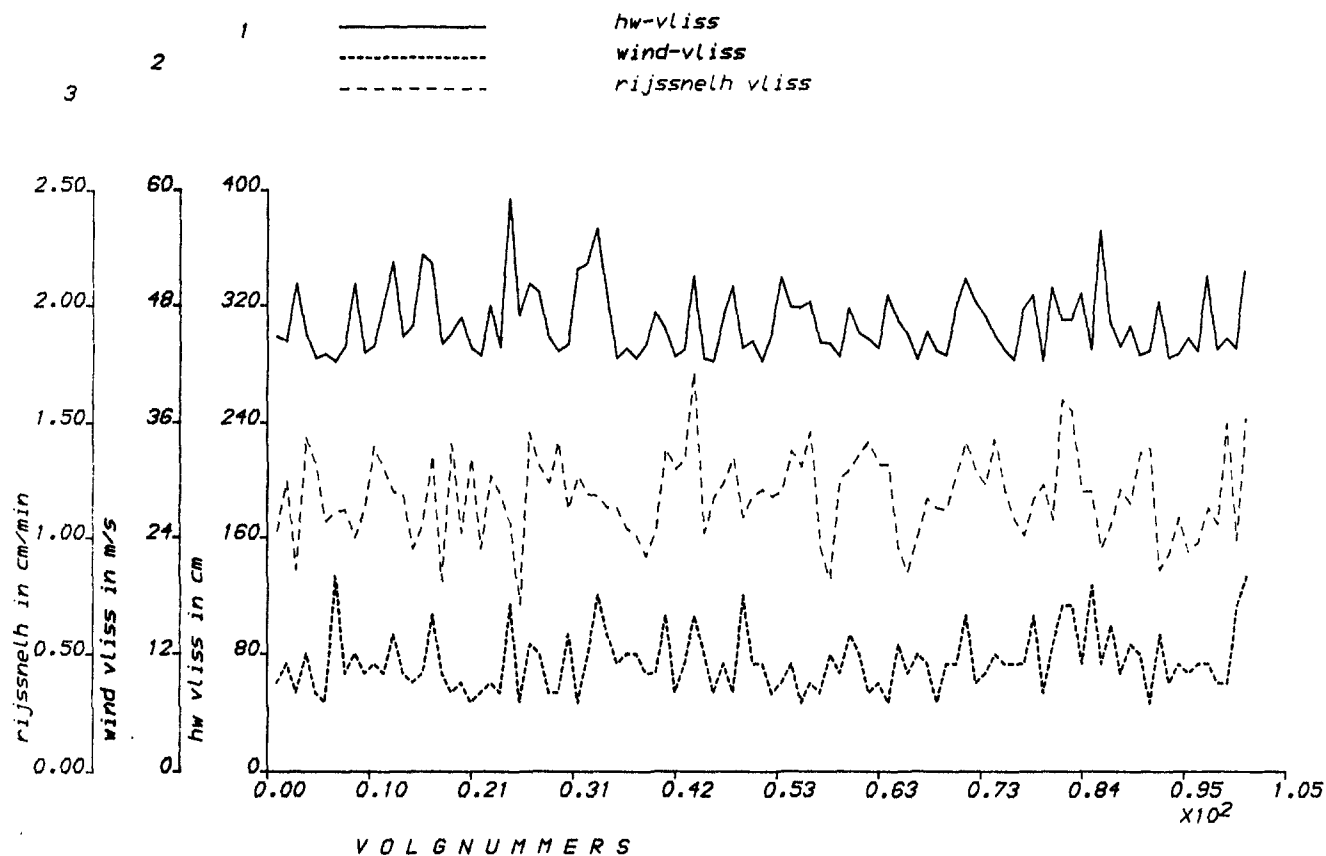
Regression of rijsvlis on lwvlis



Figuur 1

Model 1 invoervariabelen

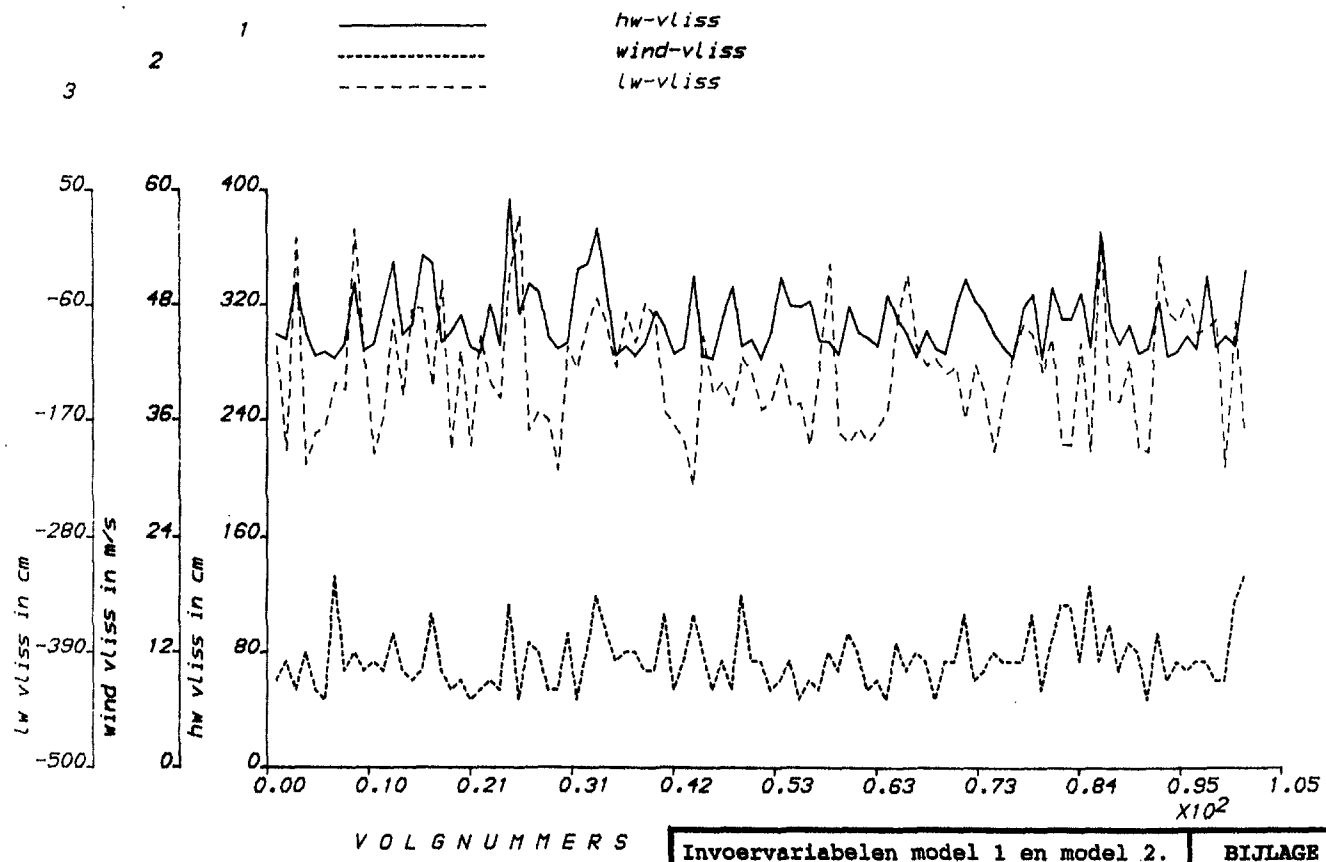
Rijkswaterstaat
Dienst Getijdewateren
Middelburg



Figuur 2

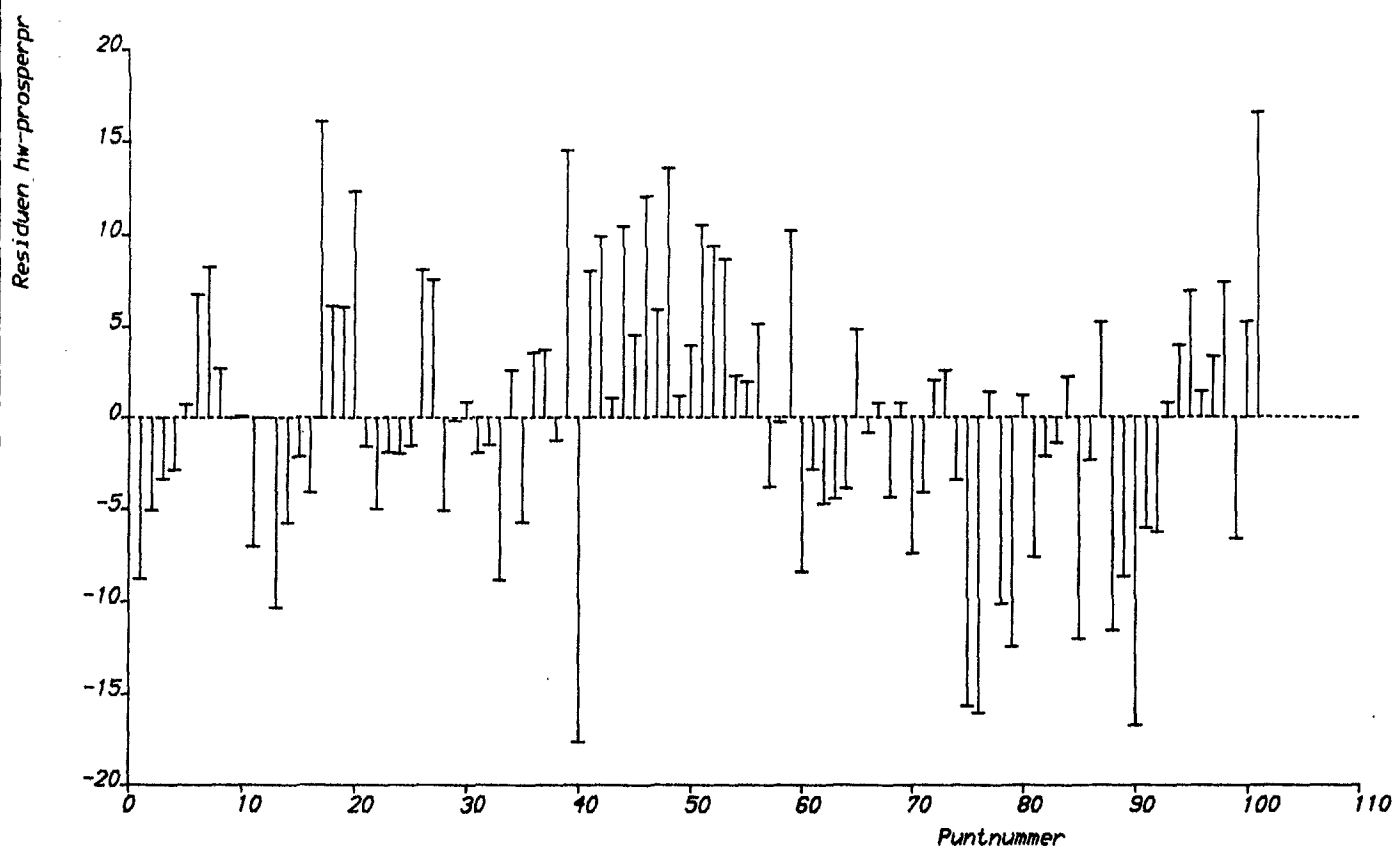
Model 2 invoervariabelen

Rijkswaterstaat
Dienst Getijdewateren
Middelburg



Model 1 Residu versus index

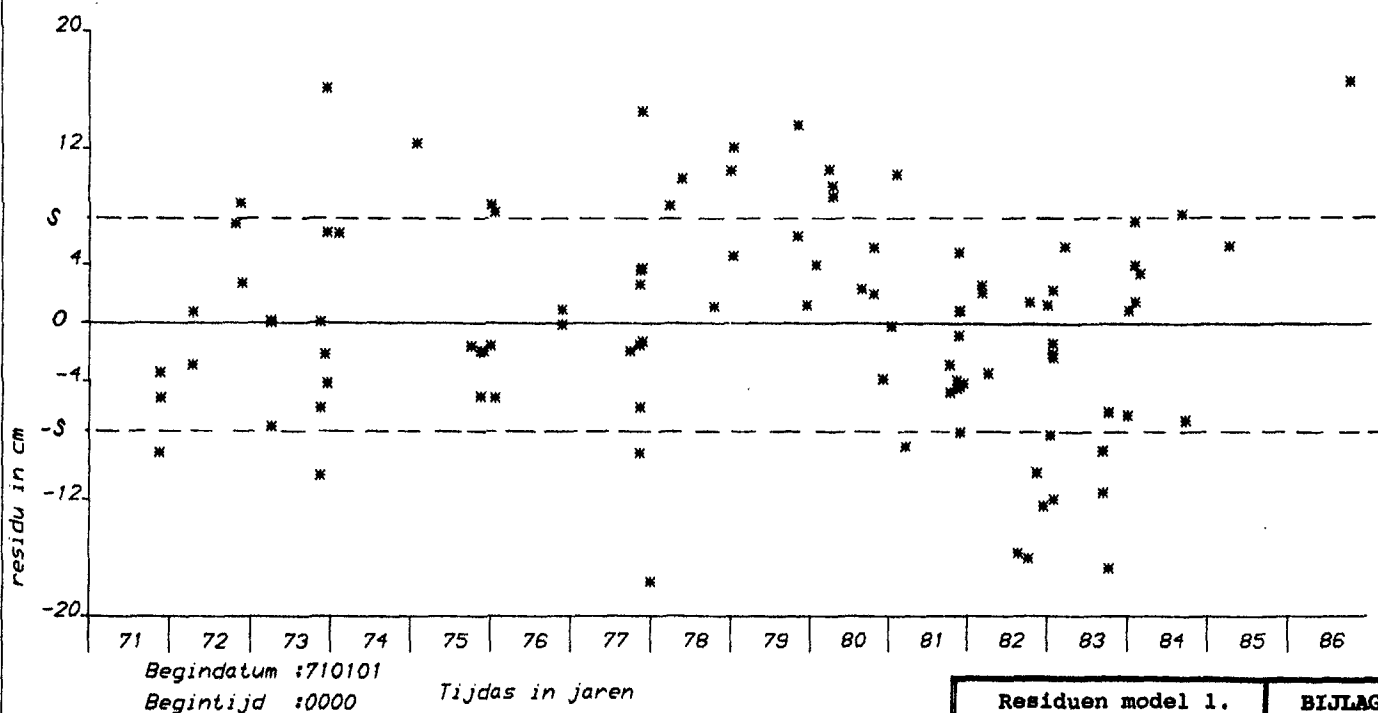
Rijkswaterstaat
Dienst Getijdewateren
Middelburg

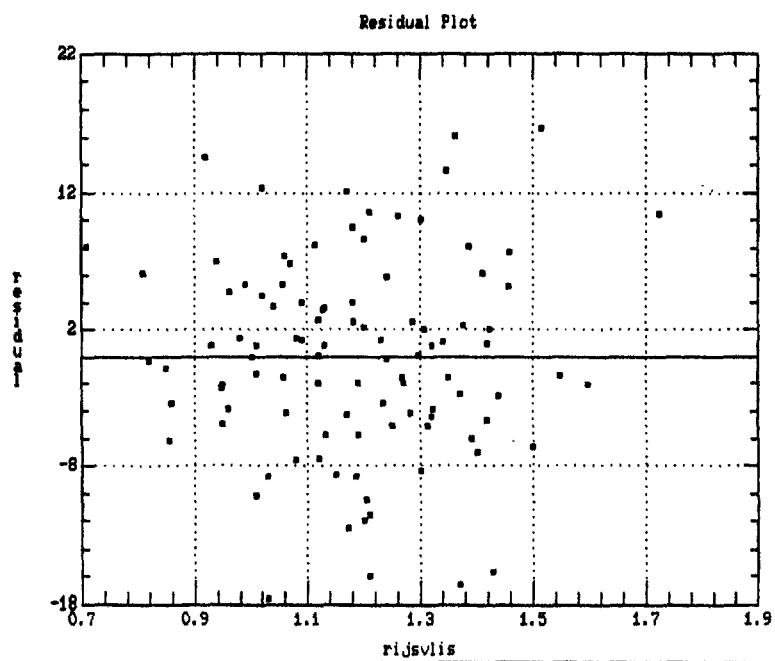
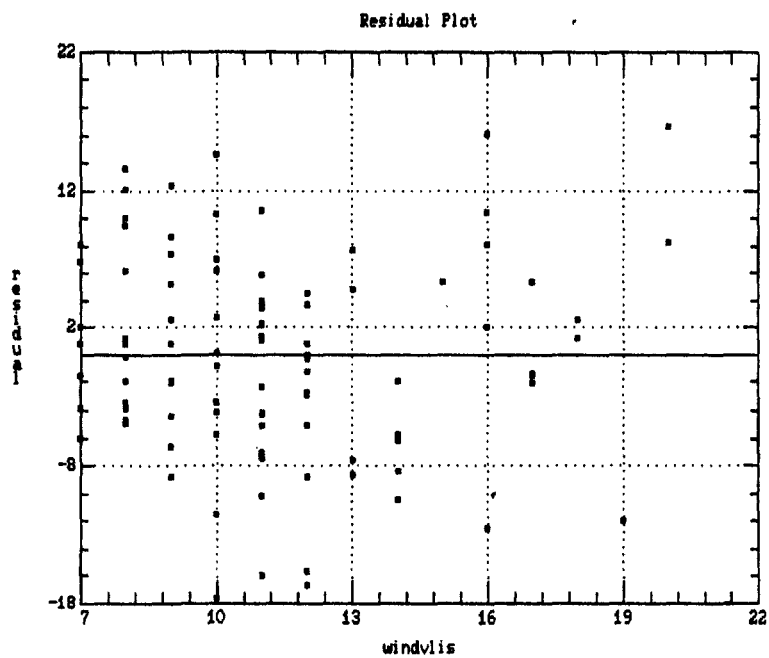
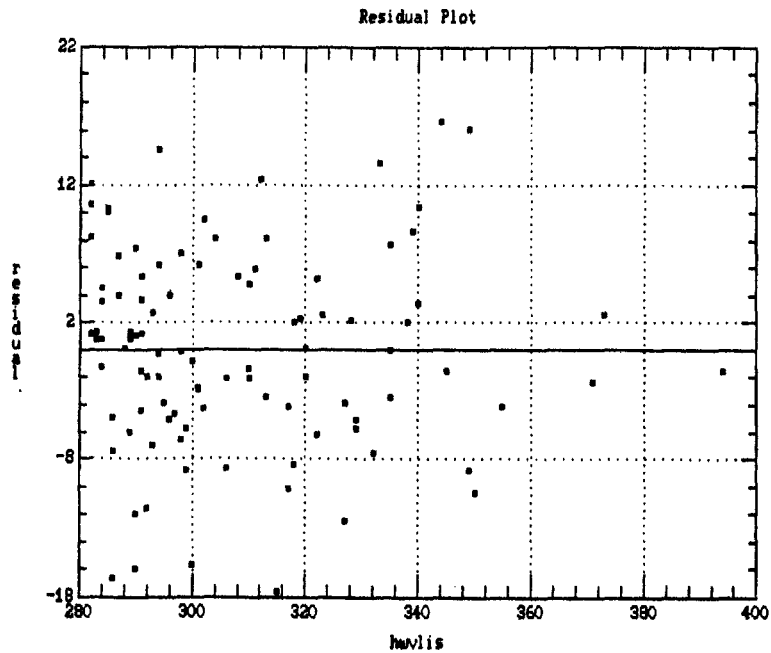


model 1

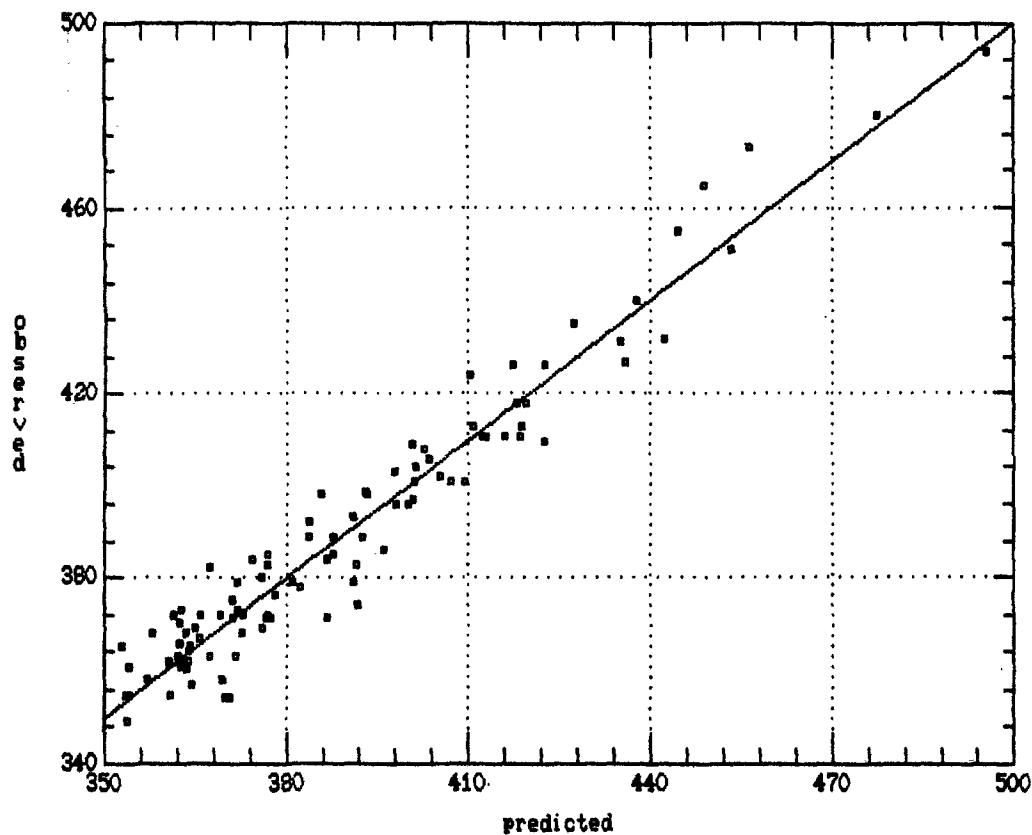
residu versus tijd

Rijkswaterstaat
Dienst Getijdewateren
Middelburg



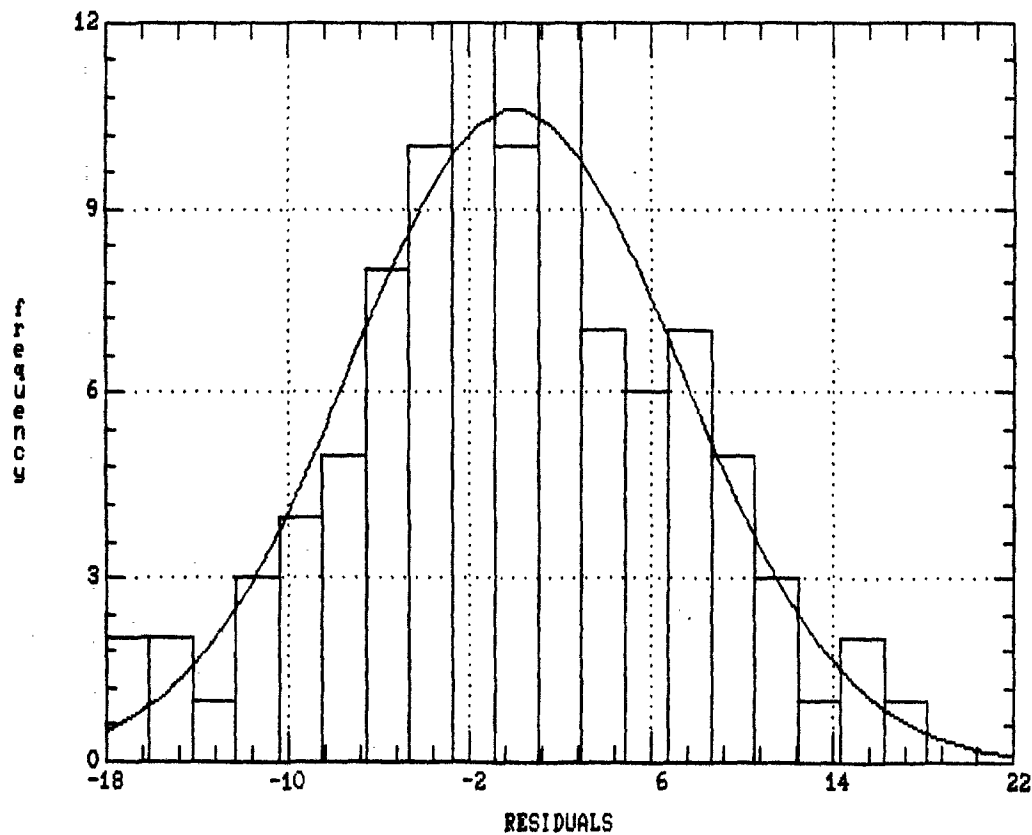


Plot of hupros



Voorspelde waarden versus opgetreden waarden model 1

Frequency Histogram



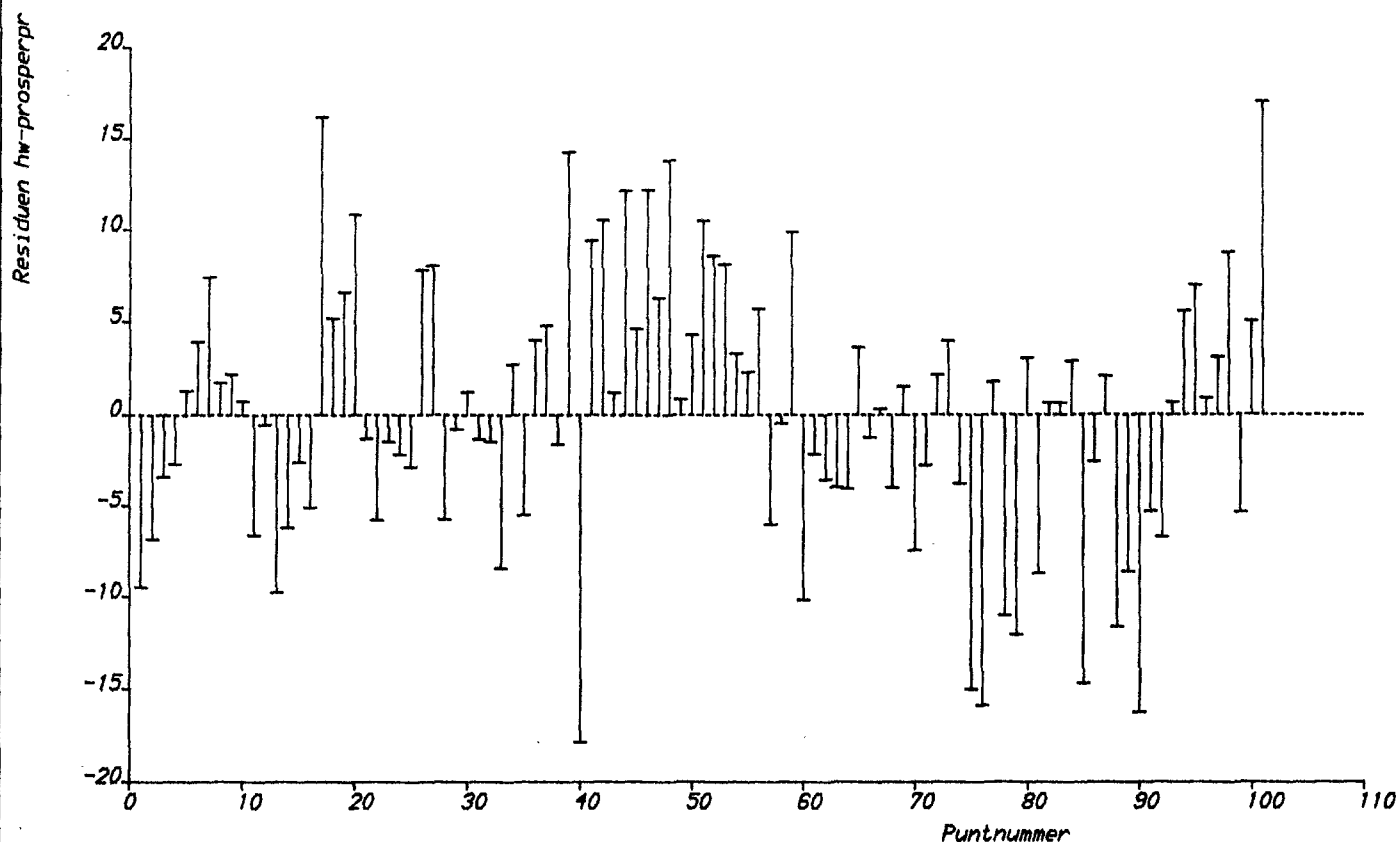
ESTIMATED KOLMOGOROV STATISTIC DPLUS = 0.037232
 ESTIMATED KOLMOGOROV STATISTIC DMINUS = 0.031874
 ESTIMATED OVERALL STATISTIC DN = 0.037232
 APPROXIMATE SIGNIFICANCE LEVEL = 1

Frequentieverdeling residuen model 1 met
 Kolmogorov-Smirnov test op normaliteit.

BIJLAGE 7

Model 2 Residu versus index

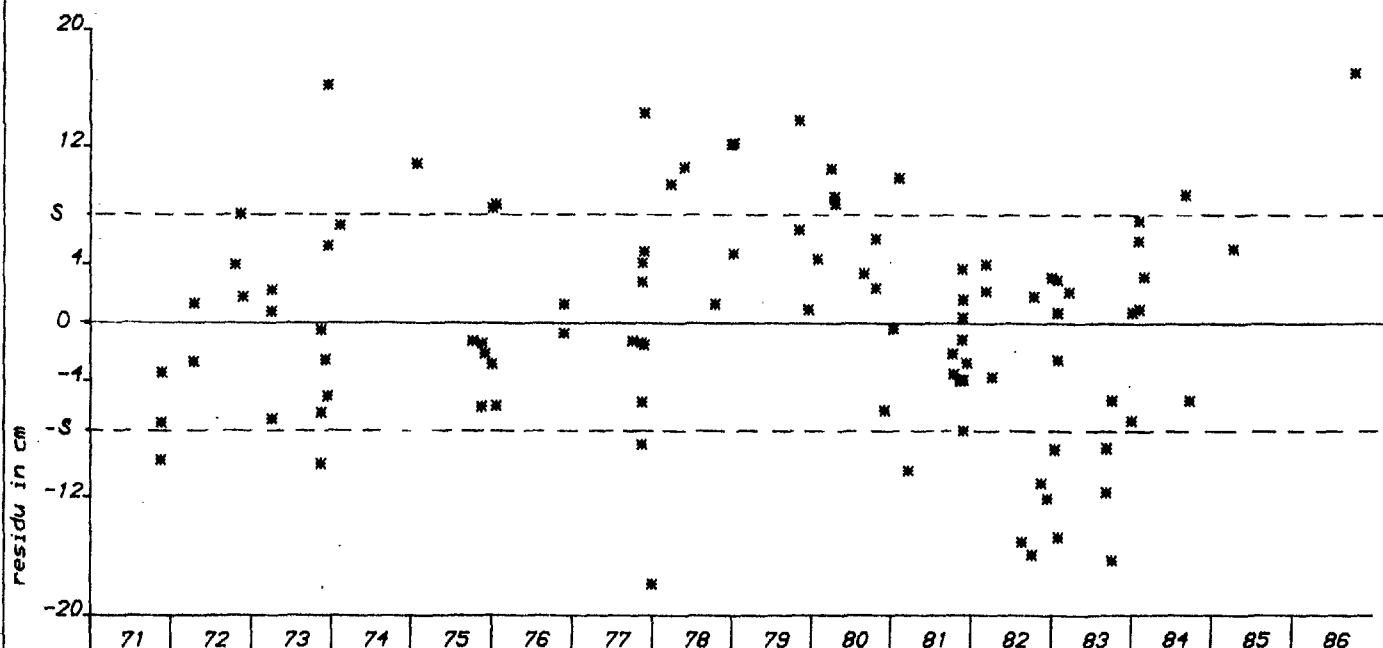
Rijkswaterstaat
Dienst Getijdewateren
Middelburg



model 2

residu versus tijd

Rijkswaterstaat
Dienst Getijdewateren
Middelburg



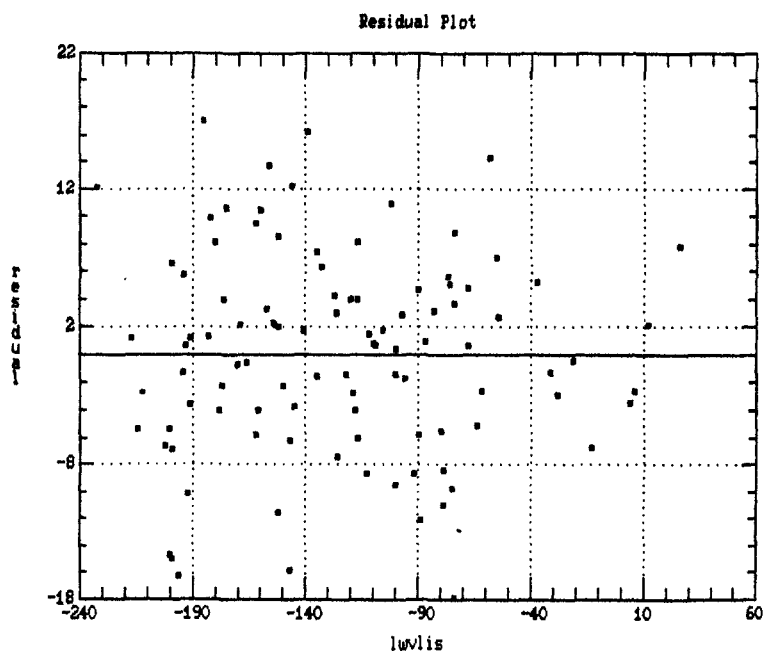
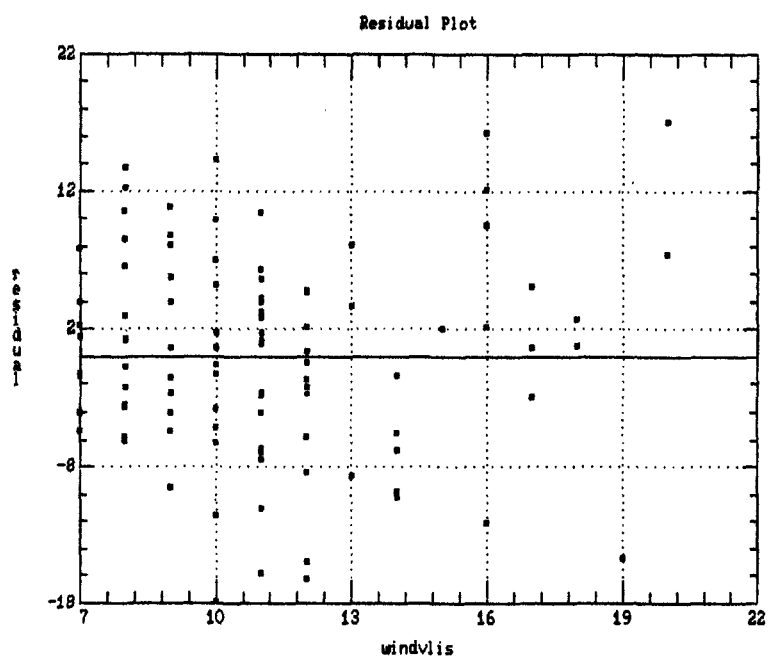
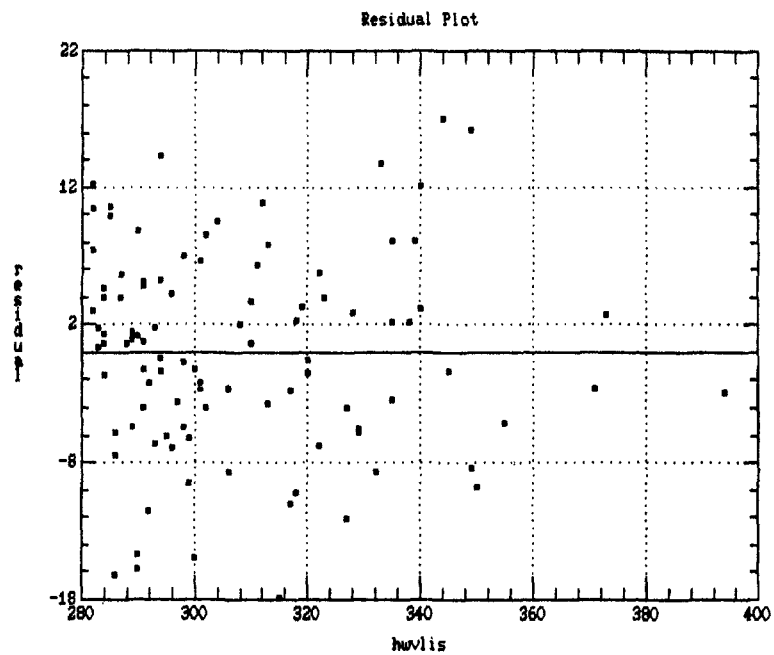
Begindatum :710101

Begin tijd :0000

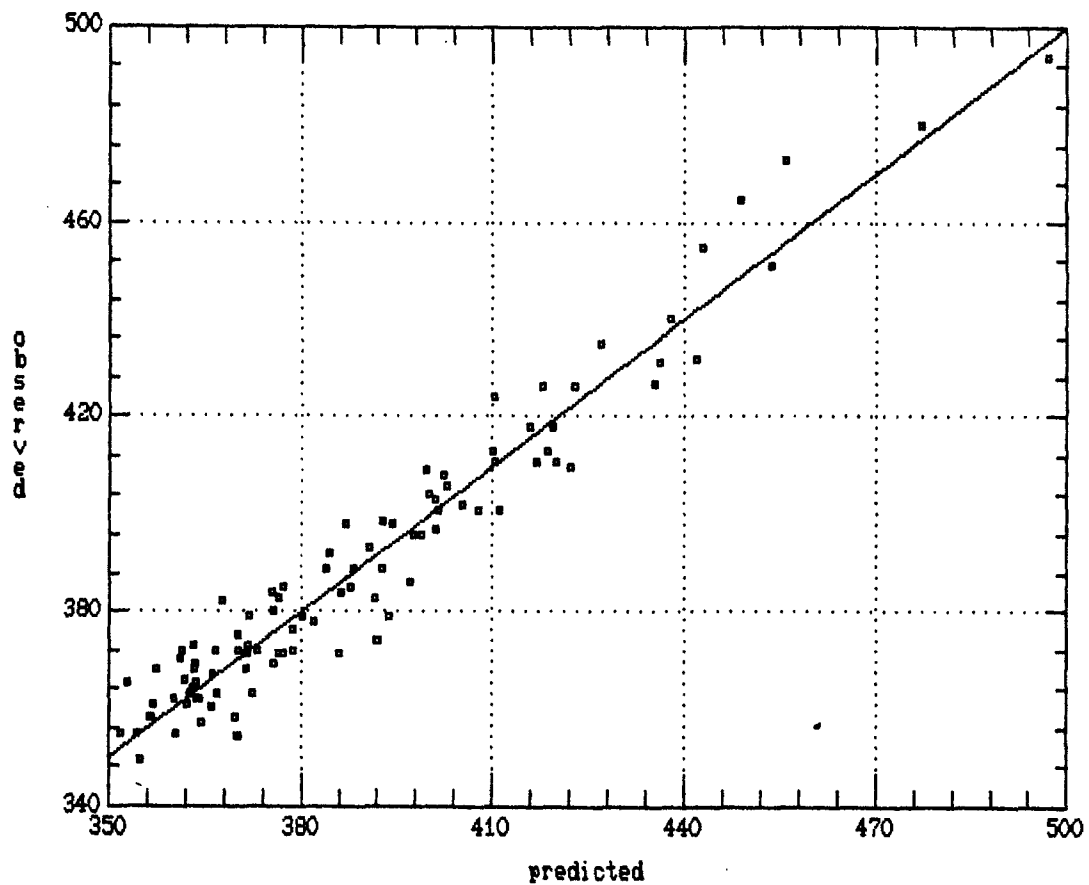
Tijdas in jaren

Residuen model 2.

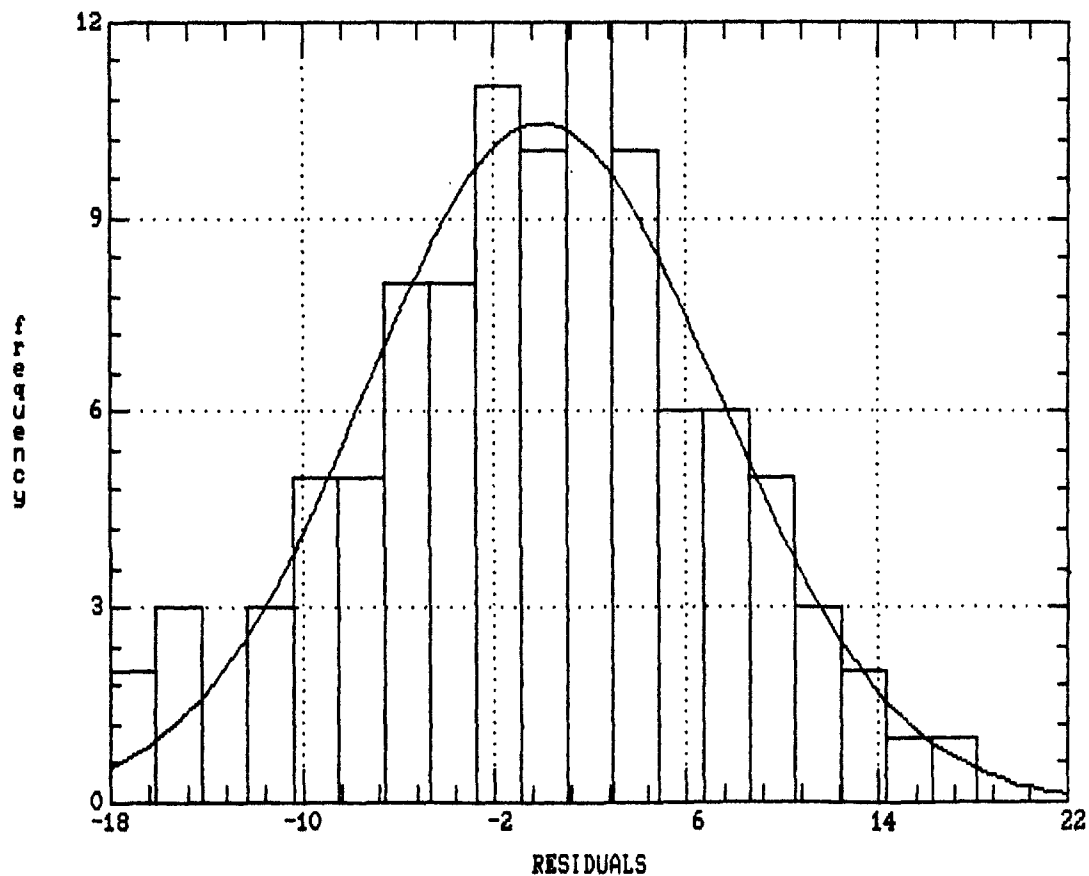
BIJLAGE 8



Plot of hwpros



Voorspelde waarden versus opgetreden waarden model 2



ESTIMATED KOLMOGOROV STATISTIC DPLUS = 0.02669
 ESTIMATED KOLMOGOROV STATISTIC DMINUS = 0.050598
 ESTIMATED OVERALL STATISTIC DN = 0.050598
 APPROXIMATE SIGNIFICANCE LEVEL = 1

Frequentieverdeling residuen model 2 met
 Kolmogorov-Smirnov test op normaliteit.

BIJLAGE 10

rijzing(lw-hw) vlissingen tov hw(prosper minus vliss)

icm windsnelheid vlissingen

Rijkswaterstaat
Dienst Getijdewateren
Middelburg

